

22 JUL 2004



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 102 02 824.9  
**Anmeldetag:** 24. Januar 2002  
**Anmelder/Inhaber:** Marconi Communications GmbH,  
Backnang/DE  
**Bezeichnung:** Hohlleiter-Koppelvorrichtung  
**IPC:** H 01 P 5/107

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 27. Februar 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

**Waasmalder**

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

### Hohlleiter-Koppelvorrichtung

10 Die vorliegende Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Koppeln eines sich in einem metallischen Leiter ausbreitenden Hochfrequenzsignals in einen Hohlleiter oder von einem Hohlleiter in einen metallischen Leiter.

15 Herkömmliche Koppelvorrichtungen dieses Typs umfassen einen Hohlleiterabschnitt, in dem eine Hohlleiterwelle in wenigstens einer Hohlleitermode ausbreitungsfähig ist und der in einer seiner Wände einen Schlitz aufweist, durch den hindurch das Feld der Hohlleitermode austritt und in der Lage ist,  
20 eine Schwingung in einen Antennenabschnitt anzuregen, der außerhalb des Hohlleiterabschnitts den Schlitz überbrückend angeordnet ist.

Dabei wird nur ein Teil der durch den Schlitz austretenden Hochfrequenzenergie tatsächlich zum Anre-  
25 gen der Schwingung im Antennenabschnitt genutzt; der Rest wird in einen über dem Schlitz liegenden Freiraum abgestrahlt. Dies ist unerwünscht, nicht nur weil die Energie so ungenutzt verloren geht, sondern weil sie in dem Freiraum befindliche Gerä-  
30 tekomponenten störend beeinflussen kann.

Wenn zum Beispiel eine derartige Koppelvorrichtung in einer Gruppenantenne eingesetzt wird, um über Schlitze in den Wänden eines Hohlleiters und diese kreuzend angeordnete Antennenabschnitte einzelne  
5 Antennenelemente der Gruppenantenne zu speisen, so kann die aus den Schlitzen austretende Störstrahlung die Richtcharakteristik der Gruppenantenne empfindlich beeinträchtigen.

10 In W. Keusgen, B. Rembold "Broadband Planar Subarray for Microwave WLAN Applications", MIOP, Stuttgart, 2001 wird vorgeschlagen, dieses Problem zu umgehen, indem die Störstrahlung in ein Strahlerelement eingekoppelt wird, das aktiv zur Funktion der Gruppenantenne beiträgt. Diese Lösung ist  
15 jedoch mit erheblichem Rechenaufwand verbunden und nicht allgemein anwendbar.

In F.J. Villegas, D. I. Stones, H. A: Hung, "A Novel Waveguide-to-Microstrip for Millimeter Wave Applications", IEEE Trans. on Microwave Theory and  
20 Techniques, Band 47 Nr. 1, Januar 1999, wird vorgeschlagen, die Störstrahlung mit Hilfe von Abdeckkappen zu unterdrücken, die jeweils den Schlitzen übergestülpt werden, um den Austritt der Störstrahlung zu verhindern. Diese Lösung ist jedoch in der  
25 Fertigung aufwendig, weil für jeden Schlitz eine solche Abdeckung mit hindurchgeführtem Antennenabschnitt erforderlich ist.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist, eine Hohlleiter-Koppelvorrichtung der eingangs angegebenen  
30 Art zu schaffen, bei der der Austritt von Stör-

strahlung auf einfache Weise wirksam unterdrückt ist und die mit geringem Aufwand zu fertigen ist.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass in der Seitenwand, die den ersten Schlitz aufweist, ein zweiter Schlitz so angeordnet ist, dass die zwei Schlitz-  
5 Schlitz auf verschiedenen Seiten einer Knotenlinie einer Feldkomponente der Hohlleitermode liegen, die zur geschlitzten Wand parallel orientiert ist.

Die Erfindung wird vorzugsweise angewandt auf einen Hohlleiter mit rechteckigem Querschnitt und dort insbesondere auf dessen Grundmode, die sogenannte magnetische Grundwelle oder  $H_{10}$ -Welle. Anhand der hier gegebenen Erläuterungen ist ein Fachmann jedoch in der Lage, die Erfindung auch auf andere  
15 Wellenleiterquerschnitte und Hohlleitermoden anzuwenden.

Die  $H_{10}$ -Welle hat zu einer breiten Seitenwand des Hohlleiters parallele Feldkomponenten  $H_x$  und  $H_z$ , wenn ein Koordinatensystem zugrundegelegt wird, bei dem die x-Achse auf einer schmalen Seitenwand und die y-Achse auf einer breiten Seitenwand des Hohlleiterabschnitts senkrecht steht und die z-Achse sich in Längsrichtung des Hohlleiterabschnitts erstreckt. Von diesen Komponenten hat die Komponente  $H_z$  eine Knotenebene, die sich in Längsrichtung des Hohlleiterabschnittes erstreckt und seine zwei breiten Seitenwände mittig schneidet. Auf den verschiedenen Seiten der Knotenebene hat die  $H_z$ -Komponente jeweils entgegengesetztes Vorzeichen.  
25  
30 Deshalb schwingen aus den zwei Schlitzten austreten-

de, auf die  $H_z$ -Komponente zurückgehende Felder jeweils mit entgegengesetzter Phase und neigen dazu, einander im Fernfeld auszulöschen. Die  $E_y$ -Komponente der  $H_{10}$ -Welle regt in den Seitenwänden des Hohlleiterabschnitts Querströme an, die beiderseits der gleichen Knotenebene jeweils in entgegengesetzte Richtungen fließen und an den zwei Schlitten jeweils entgegengesetzt orientierte E-Felder in x-Richtung hervorrufen. Auch diese neigen dazu, einander im Fernfeld auszulöschen.

Diese Auslöschung ist um so vollständiger, je symmetrischer die Anordnung der zwei Schlitze in Bezug auf die Knotenebene ist. Wenn diese durch Spiegelung an der Knotenebene kongruent ineinander überführbar sind, kompensieren sich ihre  $E_x$ -Komponenten im Fernfeld auf der Knotenebene vollständig, soweit nicht die Symmetrie durch den ersten Schlitz kreuzenden Antennenabschnitt gebrochen ist, und sind seitlich von dieser stark reduziert im Vergleich zum Feld eines Hohlleiterabschnitts mit einem einzigen Schlitz.

Mit einer auf einen Punkt der Knotenebene bezogen inversionssymmetrischen Anordnung der Schlitze kann auch eine ausreichende Kompensation erzielt werden, sofern die Ausdehnung der Schlitze in z-Richtung deutlich kleiner als die Wellenlänge der Hohlleitermode ist und damit Phasenunterschiede zwischen den Feldern an zueinander inversionssymmetrischen Punkten der zwei Schlitze vernachlässigt werden können.

Der Antennenabschnitt ist im allgemeinen an einem Ende mit einem Leiter zum Abführen des eingekoppelten HF-Signals verbunden und an seinem anderen Ende frei. Dieses freie Ende ist vorzugsweise in einem Abstand von  $\lambda_s/4$  vom Schlitz fest oder einstellbar platzierbar, wobei  $\lambda_s$  die Wellenlänge des in dem Antennenabschnitt induzierten Signals ist. Hierdurch wird erreicht, dass ein sich in dem Antennenabschnitt vom Schlitz aus unmittelbar in Richtung der Anschlussleitung ausbreitender Anteil des eingekoppelten Signals und ein zunächst am freien Ende reflektierter Anteil sich konstruktiv überlagern und so eine starke Kopplung erzielt wird.

Um eine Symmetriebrechung durch einen kreuzenden Antennenabschnitt zu vermeiden, ist es zweckmäßig, dass ein zweiter Antennenabschnitt den zweiten Schlitz überbrückend angeordnet ist. Dieser kann zum Speisen eines anderen HF-Bauteiles als der erste Antennenabschnitt oder auch zum Speisen desselben HF-Bauteiles eingesetzt werden.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung sind in letzterem Falle die zwei Antennenabschnitte in einem Punkt parallel mit einer Anschlussleitung verbunden, d.h. sie haben jeweils ein mit der Anschlussleitung verbundenes und ein freies Ende.

Die Antennenabschnitte können so angeordnet sein, dass sie die ihnen zugeordneten Schlitze in jeweils entgegengesetzten Richtungen queren, d.h. ihre freien Enden liegen entweder beide zwischen den

Schlitzten oder beide jenseits der Schlitze. In diesem Fall ist es bevorzugt, dass die Antennenabschnitte eine Gesamtlänge  $L$  zwischen  $(n-3/8)\lambda_s$  und  $(n+3/8)\lambda_s$  aufweisen, wobei  $n$  eine ganze Zahl und  $\lambda_s$  die Wellenlänge der von der Hohlleiterwelle in den Antennenabschnitten induzierten Schwingung ist. Wenn nämlich  $L$  exakt gleich  $n\lambda_s$  ist, so interferieren die an den zwei Schlitzten in die Antennenabschnitte eingekoppelten Schwingungen exakt gleichphasig, und es wird eine optimale Kopplung erreicht. Von  $n\lambda_s$  abweichende Werte können verwendet werden, wenn eine schwächere Kopplung erwünscht ist.

Wenn hingegen die Antennenabschnitte ihre Schlitze in jeweils gleichen Richtungen queren, d.h. wenn das freie Ende eines Antennenabschnitts zwischen den Schlitzten und das des anderen jenseits der Schlitze liegt, so interferieren die an den Schlitzten induzierten Schwingungen gleichphasig bei einer Gesamtlänge  $L$  von  $(n+1/2)\lambda_s$ , weswegen eine Gesamtlänge  $L$  zwischen  $(n+1/8)\lambda_s$  und  $(n+7/8)\lambda_s$  bevorzugt ist.

Eine andere Möglichkeit ist, die zwei Antennenabschnitte in Reihe zu verbinden; in diesem Fall ist für eine gleichphasige Überlagerung der an den zwei Schlitzten reduzierten Schwingungen eine Entfernung zwischen den Schlitzten, gemessen entlang der Antennenabschnitte, von ca.  $n\lambda_s$ , wenn die Antennenabschnitte die Schlitze in entgegengesetzten Richtun-

gen kreuzen, bzw. von ca.  $(n+1/2)\lambda_g$  erforderlich, wenn die Antennenabschnitte die Schlitze in gleicher Richtung kreuzen.

5 Vorzugsweise liegen die Kreuzungspunkte der Antennenabschnitte mit den Schlitzen auf einer zur Längsrichtung des Hohlleiterabschnitts bzw. zur Knotenebene senkrechten Linie.

10 Dadurch ist sichergestellt, dass die zwei Antennenabschnitte jeweils gleichphasigen aus den Schlitzen austretenden anregenden Feldern ausgesetzt sind, unabhängig von der exakten Position, in der die Antennenabschnitte im Bezug zum Hohlleiterabschnitt angeordnet sind. Dabei ist es insbesondere zweckmäßig, wenn die Antennenabschnitte wenigstens in der  
15 Umgebung der Kreuzungspunkte auf einer gemeinsamen Linie liegen, so dass die Phasengleichheit der Felder, denen die zwei Antennenabschnitte ausgesetzt sind, auch bei einer Querverschiebung der Antennenabschnitte erhalten bleibt.

20 Einer ersten bevorzugten Ausgestaltung zufolge sind die zwei Schlitze parallel zueinander und zur Knotenebene, so dass die Kopplungsstärke nicht von der Position der Antennenabschnitte in Ausbreitungsrichtung der Hohlleiterwelle (der z-Richtung) abhängt, sondern ausschließlich durch die Position  
25 der Antennenabschnitte quer zur Knotenebene, d.h. durch die Entfernung ihrer Kreuzungspunkte von den freien Enden, festgelegt ist.



Einer zweiten bevorzugten Ausgestaltung zufolge verlaufen die Schlitze parallel und schräg zur Knotenebene. Der Grad der Abweichung von der Parallelität beeinflusst die Stärke des aus den Schlitzen austretenden und an die Antennenabschnitte koppelnden  $H_z$ -Feldes und damit die Kopplungskonstante der Koppelvorrichtung. Insbesondere wenn die Schlitze an einem drehbaren Wandstück des Hohlleiterabschnitts angeordnet sind, kann durch Drehen dieses Wandstücks die Kopplungskonstante nach Bedarf angepasst werden.

Einer dritten bevorzugten Ausgestaltung zufolge haben die Schlitze einen entlang der Knotenebene variierenden Abstand, und die Antennenabschnitte sind in unterschiedlichen Positionen entlang der Knotenebene positionierbar. In diesem Fall kann der Kopplungskoeffizient durch geeignetes Positionieren der Antennenabschnitte entlang der Knotenebene festgelegt werden: je näher die Schlitze an der Knotenebene liegen, um so niedriger ist die wandparallele Feldkomponente im Hohlleiter hinter den Schlitzen, und um so kleiner sind die am Ort der Schlitze induzierten Wandströme, und um so geringer ist folglich auch ein austretendes Feld, dem die Antennenabschnitte ausgesetzt sind.

Bei der ersten und dritten Ausgestaltung kann vorgesehen werden, dass die Antennenabschnitte bei der Herstellung der Kopplungsvorrichtung an einer Stelle fest platziert werden, wobei die Antennenabschnitte in mehreren Positionen an dem Hohlleiter-

abschnitt befestigbar sind und die Position im Einzelfall anhand eines gewünschten Kopplungskoeffizienten ausgewählt wird. Alternativ besteht die Möglichkeit, eine Einrichtung zum Verstellen der Antennenabschnitte relativ zu den Schlitzten vorzusehen, um auch bei der fertigen Koppelvorrichtung den Kopplungskoeffizienten jederzeit an den Bedarf anpassen zu können.

10 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Figuren. Es zeigen:

15 Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer Koppelvorrichtung gemäß einer ersten Ausgestaltung der Erfindung;

Fig. 2 die Verteilung der Querströme in der Wand des Hohlleiterabschnitts der Koppelvorrichtung aus Fig. 1;

20 Fig. 3 eine zweite Ausgestaltung einer erfindungsgemäßen Koppelvorrichtung in einer perspektivischen Ansicht analog der Fig. 1;

25 Fig. 4 eine momentane Strom- und Spannungsverteilung in den Antennenabschnitten und der Anschlussleitung der Ausgestaltung aus Fig. 3;

- Fig. 5 die Strom und Spannungsverteilung bei einer gegenüber Fig. 3 geringfügig veränderten Ausgestaltung;
- 5 Fig. 6 eine Abwandlung der in Fig. 3 gezeigten Ausgestaltung;
- Figs. 7-9 jeweils perspektivische Ansichten einer dritten bis fünften Ausgestaltung;
- Fig. 10 eine weitere Abwandlung der Ausgestaltung aus Fig. 3;
- 10 Fig. 11 eine Weiterentwicklung der Ausgestaltung aus Fig. 10; und
- Fig. 12 eine perspektivische Ansicht einer sechsten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Koppelvorrichtung.
- 15 Die in Fig. 1 gezeigte Koppelvorrichtung umfaßt einen Hohlleiterabschnitt 1 mit rechteckigem Querschnitt, mit einer oberen breiten Seitenwand 2, einer unteren breiten Seitenwand 3 und schmalen Seitenwänden 8, in dem die Hohlleitermode  $H_{10}$  ausbreitungsfähig ist. Diese Hohlleitermode hat nicht verschwindende Feldkomponenten  $H_x$ ,  $H_z$  und  $E_y$ , wobei  $H_x$  und  $E_y$  proportional zu  $\sin(\pi x/a)$  und  $H_z$  proportional zu  $\cos(\pi x/a)$  ist, wobei  $a$  die Breite der breiten Seitenwände 2, 3 ist und die schmalen Seitenwände 8 jeweils bei Koordinatenwerten  $x = 0$  bzw.  $x = a$  des eingezeichneten  $xyz$ -Koordinatensystems liegen. Die Feldkomponente  $H_z$  weist bei  $x = a/2$  eine Knotenebene auf.
- 20
- 25

Ein erster Schlitz 4 erstreckt sich in der oberen breiten Seitenwand 2 in Richtung der z-Achse. Ein zweiter Schlitz 5 ist bezüglich der Knotenebene  $x = a/2$  spiegelbildlich zum ersten Schlitz 4 angeordnet. Aus den zwei Schlitz 4, 5 austretende Felder setzen sich zusammen aus Beiträgen der nicht verschwindenden Feldkomponenten, die durch den Schlitz hindurchtreten, und elektrischen Feldern in x-Richtung, die daraus resultieren, dass die Schlitz 4, 5 den Weg von in der Hohlleiterwand fließenden Querströmen blockieren, die durch die Hohlleitermode hervorgerufen werden. Diese in Fig. 2 schematisch dargestellten Querströme haben auf verschiedenen Seiten der Knotenebene  $x = a/2$  entgegengesetzte Vorzeichen. Ihr Beitrag zum austretenden Feld ist um so größer, je stärker die Querströme am Ort der Schlitz 4, 5 sind, d.h. je weiter diese von der Knotenebene entfernt sind. Die Beiträge der Querströme und der Komponente  $H_z$  der Hohlleitermode zum Feld außerhalb des Hohlleiters haben auf verschiedenen Seiten der Knotenebene entgegengesetzte Vorzeichen, so dass sich diese Felder im Fernfeld gegenseitig auslöschen. Die Feldkomponenten  $H_x$ ,  $E_y$  haben auf beiden Seiten der Knotenebene gleiches Vorzeichen, so dass sie sich im Fernfeld nicht gegenseitig auslöschen, doch geht ihre Feldstärke mit zunehmender Nähe zu den schmalen Seitenwänden 8 gegen Null, so dass auch ihr Beitrag zum Feld außerhalb des Hohlleiterabschnitts um so kleiner ist, je näher die Schlitz 4, 5 an den schmalen Seitenwänden 8 liegen.

Auf der oberen breiten Seitenwand 2 ist ein dielektrisches Substrat 6 angeordnet, das einen den ersten Schlitz 4 überbrückenden Streifenleiter 7 trägt. Der Streifenleiter 7 dient als ein Antennenabschnitt, in dem durch das von den Querströmen hervorgerufene elektrische Feld eine elektromagnetische Schwingung induziert wird. Diese Schwingung kann genutzt werden, um damit ein Antennenelement einer Gruppenantenne oder ein anderes HF-Bauelement zu speisen.

Ein zweiter Streifenleiter 9 kann spiegelbildlich zum Streifenleiter 7 über dem zweiten Schlitz 5 angeordnet sein. Seine Funktion ist die gleiche wie die des ersten Streifenleiters, er kann genutzt werden, um das gleiche HF-Bauelement wie der erste Streifenleiter 7 oder ein zweites HF-Bauelement zu speisen.

Bei der in Fig. 3 gezeigten zweiten Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Koppelvorrichtung ist der Hohlleiterabschnitt 1 der gleiche wie in Fig. 1 und wird deshalb nicht erneut beschrieben. Zwei auf einem Substrat 6 gebildete Streifenleiter 7', 9' erstrecken sich auf einer gemeinsamen Linie parallel zur x-Achse und sind an ihren einander zugewandten Enden miteinander und mit einer gemeinsamen Anschlußleitung 10 verbunden.

Bei der Ausgestaltung der Fig. 3 liegt der Verbindungspunkt 11 der zugewandten Enden und der Anschlußleitung 10 auf der Knotenebene  $x = a/2$  der Feldkomponente  $H_z$ . Die Entfernung der Kreuzungs-

punkte 12 der Streifenleiter 7', 9' von ihren jeweiligen freien Enden 13 beträgt  $\lambda_s/4$ , und der Abstand der zwei Kreuzungspunkte 12 voneinander beträgt  $\lambda_s/2$ , wobei  $\lambda_s$  die Wellenlänge der von der  
5 Hohlleitermode in den Streifenleitern induzierten Schwingung ist. Die zwei Streifenleiter 7', 9' bilden so einen auf die Hohlleitermode abgestimmten Resonator mit der Länge  $\lambda_s$ . In dem Resonator bildet sich eine stehende Welle aus, deren Strom- und  
10 Spannungsverlauf durch die punktierte Kurve I bzw. die strichpunktierte Kurve U in Fig. 4 veranschaulicht ist. Am Verbindungspunkt 11 liegt ein Knoten der Stromverteilung, die Amplitude der Spannung ist hier maximal, so dass ein starkes Signal über die  
15 Anschlussleitung 10 abgegriffen werden kann.

Bei der in Fig. 5 gezeigten Abwandlung liegt der Verbindungspunkt 11 nicht mittig zwischen den zwei freien Enden 13, sondern ist zum freien Ende des Streifenleiters 7' hin verschoben. Der Spannungshub  
20 am Verbindungspunkt 11 ist geringer als im Falle der Fig. 4, und das über die Anschlussleitung 10 abgegriffene Signal ist schwächer. So ist es möglich, unabhängig von einem im Einzelfall benötigten Kopplungskoeffizienten den Hohlleiterabschnitt 1  
25 mit den Schlitten 4, 5, das Substrat 6 und die Hohlleiterabschnitte 7', 9' einheitlich zu fertigen und durch Kontaktieren der Anschlussleitung 10 an einem geeignet gewählten Anschlusspunkt 11 einen jeweils im Einzelfall benötigte Kopplungsstärke zu  
30 realisieren.

Variable Kopplungskoeffizienten sind mit der Ausgestaltung der Fig. 3 auch dann erzielbar, wenn einerseits der Hohlleiterabschnitt 1 und andererseits das Substrat 6 mit den darauf befindlichen Streifenleitern 7', 9' und der Anschlussleitung 10 einheitlich gefertigt werden. Um die Kopplung zu variieren, genügt es, die Position des Substrates und der darauf befindlichen Leiter quer zur Knotenebene  $x=a/2$  zu variieren. Dies führt zu einer Abweichung des Abstandes zwischen den Kreuzungspunkten 12 und den freien Enden 13 vom optimalen Wert  $\lambda_s/4$ .

Durch geeignete Auswahl der Position des Substrates 6 besteht somit die Möglichkeit, die Stärke der Kopplung zwischen dem Hohlleiterabschnitt 1 und den Streifenleitern 7', 9' einzustellen. Dies vereinfacht erheblich die Herstellung von Koppelvorrichtungen mit unterschiedlichen Kopplungsstärken, da es nicht erforderlich ist, die Position der Schlitzze 4, 5 entsprechend einer gewünschten Kopplungsstärke festzulegen und eine Vielzahl von Hohlleiterabschnitten mit unterschiedlichen Schlitzabständen zu fertigen, sondern die Hohlleiterabschnitte 1 in großer Menge mit einer festen Position der Schlitzze hergestellt werden können und die gewünschte Kopplungsstärke nachträglich durch geeignete Positionierung des Substrats 6 wählbar ist.

Selbstverständlich müssen nicht gleichzeitig die Abstände der Kreuzungspunkte 12 von den freien Enden 13  $\lambda_s/4$  und die Abstände der Kreuzungspunkte 12 voneinander  $\lambda_s/2$  betragen. Mit solchen Abständen

ist zwar eine starke Kopplung erreichbar, doch nur in einem recht schmalen Frequenzbereich. Wählt man für wenigstens einen dieser Abstände nicht exakt den optimalen, aber einen in der Nähe liegenden Wert, so ist bei etwas reduzierter Kopplungsstärke die Bandbreite der Koppelvorrichtung deutlich vergrößerbar.

Eine Variante des Prinzips der Fig. 3 ist in Fig. 6 dargestellt. Der Hohlleiterabschnitt 1 ist wiederum der gleiche wie in Figs. 1 und 3, die auf dem Substrat 6 abgeschiedenen Streifenleiter 7", 9" unterscheiden sich von denen der Fig. 3 dadurch, dass der von ihnen gebildete Resonator C-förmig ist, und dass die freien Enden 13 der Leiterabschnitte 7", 9" beide zwischen den Schlitzen 4, 5 liegen. Die Wirkungsweise entspricht ansonsten der des Ausführungsbeispiels von Fig. 3.

Die in Fig. 7 gezeigte Ausgestaltung unterscheidet sich von den zuvor betrachteten dadurch, dass bei ihr die zwei auf dem Substrat 6 gebildeten Streifenleiter 7\*, 9\* die ihnen zugeordneten Schlitze 4, 5 des Hohlleiterabschnitts 1 jeweils in gleicher Richtung kreuzen; ihre freien Enden 13 liegen jeweils auf der dem Betrachter zugewandten Seite der Schlitze 4, 5 in der Perspektive der Fig. 7. Für eine starke Kopplung der Streifenleiter 7\*, 9\* an den Hohlleiterabschnitt 1 ist eine gleichphasige Überlagerung der in die zwei Streifenleiter 7\*, 9\* eingekoppelten Schwingungen und damit ein Abstand zwischen den zwei Kreuzungspunkten 12 der Schlitze



4, 5 mit den Streifenleitern  $7^*$ ,  $9^*$  von  $(n+1/2)\lambda_s$  erforderlich. Die Stärke des über die Anschlussleitung 10 abgegriffenen Signals kann wie beim Ausführungsbeispiel der Fig. 3 durch die Wahl der Lage  
5 des Verbindungspunkts 11 der Anschlussleitung 10 sowie durch die Wahl des Abstands zwischen den Kreuzungspunkten 12 und den freien Enden 13 der Streifenleiter beeinflusst werden.

10 Eine besonders einfache Ausgestaltung mit die Schlitz 4, 5 des Hohlleiterabschnitts 1 in gleicher Richtung kreuzenden Streifenleitern  $7^{**}$ ,  $9^{**}$  ist in Fig. 8 gezeigt. Der den Schlitz 5 kreuzende Streifenleiter  $9^{**}$  ist zwischen dem Streifenleiter  $7^{**}$  und die Anschlussleitung 10 in Reihe geschaltet.  
15 Die Kreuzungspunkte 12 haben von dem einzigen freien Ende 13 einen Abstand von  $\lambda_s/4$  bzw.  $3 \lambda_s/4$ .

Fig. 9 zeigt eine weitere Ausgestaltung mit in Reihe verbundenen, die Schlitz 4, 5 in gleicher Richtung kreuzenden Streifenleitern  $7^{***}$ ,  $9^{***}$ .

20 Eine weitere Ausgestaltung der Koppelvorrichtung ist in Fig. 10 gezeigt; hier sind das Substrat 6 und die darauf gebildeten Streifenleiter  $7'$ ,  $9'$  identisch mit denen aus Fig. 3; der Hohlleiterabschnitt  $1'$  ist abgewandelt. Seine Schlitz 4', 5' verlaufen parallel zu einander, aber unter einem  
25 nicht verschwindenden Winkel  $\alpha$  zur Knotenebene  $x=a/2$ . Die Schlitz 4', 5' sind durch eine Inversionsoperation mit einem auf der Knotenebene gelegenen Punkt als Mittelpunkt ineinander überführbar.

Die Länge der Schlitze in z-Richtung ist so gewählt, dass die Phasendifferenz der Felder an entgegengesetzten Enden der Schlitze 4', 5' maximal 15° beträgt. Der Winkel  $\alpha$  beeinflusst die Stärke  
5 der durch die Schlitze 4', 5' austretenden  $H_z$ -Komponente der Hohlleitermode und damit die Stärke des in den Streifenleitern 7', 9' magnetisch induzierten Stromes. Bei einem Winkel  $\alpha=0$  ist dieser maximal; bei einem Wert von 90° würde er verschwin-  
10 den.

Eine Weiterentwicklung dieser Ausgestaltung ist in Fig. 11 gezeigt. Hier sind die Schlitze 4', 5' in einer kreisrunden Scheibe 17 angeordnet, die einen Teil der oberen Wand des Hohlleiterabschnitts 1'  
15 bildet. Durch Drehen der Scheibe 17 ist der Winkel  $\alpha$  zwischen den Schlitzen 4', 5' und der Knotenebene variabel und die Kopplungsstärke einstellbar.

Fig. 12 zeigt noch eine Ausgestaltung der Koppelvorrichtung, bei der das Substrat 6 und die Streifenleiter 7', 9' mit denen der Fig. 3 identisch sind, der Hohlleiterabschnitt 1" hingegen abgewandelt ist. Seine Schlitze 4", 5" verlaufen symmetrisch zueinander, aber schräg zur Knotenebene  $x = a/2$ . Das Substrat 6 ist parallel zur Knotenebene  
25 mit Hilfe von seitlich angeordneten Führungsschienen 14, einer Mikrometerschraube 15 und einer Feder 16 kontrolliert verschiebbar, um so die Streifenleiter 7', 9' über Bereichen der Schlitze 4", 5" mit unterschiedlichem Abstand zu positionieren. Wie  
30 sich bereits aus den obigen Erläuterungen zur Funk-

tionsweise ergibt, variiert bei einer Verschiebung der Streifenleiter 7', 9' die Kopplung einerseits weil sich der Abstand der Kreuzungspunkte 12 voneinander und von den freien Enden 13 und damit die  
5 Interferenz der in den zwei Streifenleitern induzierten Signale ändert, und andererseits, weil die Felder, denen die Streifenleiter 7', 9' ausgesetzt sind, um so stärker sind, je näher die Kreuzungspunkte 12 an den Seitenwänden des Hohlleiterabschnitts 1" liegen. So ist es möglich, die Kopplung  
10 zwischen dem Hohlleiterabschnitt 1' und den Streifenleitern 7', 9' durch Verschieben des Substrats 6 entlang der z-Achse jederzeit auf einen aktuell benötigten Wert exakt einzustellen.

15 Selbstverständlich kann auch bei den Ausgestaltungen der Figs. 3 und 6 bis 9 eine Schienenführung für eine kontrollierte Verschiebung des Substrats quer zur Knotenebene  $x = a/2$  zum Einsatz kommen. Genauso ist es möglich, auf dem Hohlleiterabschnitt  
20 1" der Fig. 12 das Substrat 6 in einer vorher entsprechend einer gewünschten Kopplungsstärke ausgewählten Position dauerhaft, z.B. durch Kleben, zu befestigen.

Die oben beschriebenen Koppelvorrichtungen können  
25 zu mehreren entlang eines einzelnen Hohlleiters angeordnet sein. Der Abstand zwischen den einzelnen Koppelvorrichtungen sollte dann die Hälfte der Wellenlänge  $\lambda_H$  der Welle im Hohlleiter betragen, damit die Rest-Streufelder der einzelnen Koppelvorrichtungen  
30 einander im Fernfeld gegenseitig auslöschen.

## Patentansprüche

1. Hohlleiter-Koppelvorrichtung mit einem Hohlleiterabschnitt (1, 1', 1'') , in dem eine  
5 Hohlleiterwelle in wenigstens einer Hohlleitermode ausbreitungsfähig ist und der in einer seiner Wände (2, 2') einen ersten Schlitz (4, 4', 4'') aufweist, wobei die Hohlleitermode eine zu der geschlitzten Wand parallele Feldkomponente mit einer in Längsrichtung des Hohlleiterabschnitts orientierten Knotenebene aufweist und/oder in den Wänden des Hohlleiterabschnitts (1, 1', 1'') eine Wandstromverteilung mit einer ebensolchen Knotenebene induziert,  
10 und mit einem ersten Antennenabschnitt (7, 7', 7\*, ...), der den ersten Schlitz (4, 4', 4'') überbrückend angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die geschlitzte Seitenwand (2, 2') einen zweiten Schlitz (5, 5', 5'') aufweist, und dass beide Schlitze (4, 5; 4', 5'; 4'', 5'') auf verschiedenen Seiten  
15 der Knotenebene liegen.  
20
2. Koppelvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Schlitze (4, 5; 4', 5'; 4'', 5'') in Bereichen entgegengesetzt gleicher Feldstärken der parallelen Feldkomponente angeordnet sind.  
25
3. Koppelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Schlitze (4, 5; 4'', 5'') durch Spiegelung an der Knotenebene ineinander überführbar sind.  
30

4. Koppelvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Schlitze (4, 5; 4", 5") durch Inversion an einem Punkt der Knotenebene ineinander überführbar sind.
- 5
5. Koppelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein freies Ende (13) des ersten Antennenabschnitts (7, 7', 7") in einem Abstand von  $\lambda_s/4$  vom ersten Schlitz (4, 4') platzierbar ist, wobei  $\lambda_s$  die Wellenlänge einer von der Hohlleiterwelle in dem ersten Antennenabschnitt (7, 7', 7") induzierten Schwingung ist.
- 10
- 15
6. Koppelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Hohlleiterabschnitt (1, 1', 1") rechteckigen Querschnitt hat und die Hohlleitermode die  $H_{10}$ -Mode ist.
- 20
7. Koppelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Antennenabschnitt (9, 9', 9\*, ...) den zweiten Schlitz (5, 5', 5") überbrückend angeordnet ist.
- 25
8. Koppelvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Antennenabschnitte (7', 7"; 9', 9") in einem Punkt (11) parallel mit einer Anschlussleitung (10) verbunden sind, dass die Antennenabschnitte (7', 7"; 9', 9") ihre Schlitze (4, 4'; 5, 5') in jeweils entgegengesetzten Richtungen queren und dass
- 30

5 die Antennenabschnitte eine Gesamtlänge  $L$  mit  $(n-3/8)\lambda_s < L < (n+3/8)\lambda_s$  aufweisen, wobei  $n$  eine ganze Zahl und  $\lambda_s$  die Wellenlänge einer von der Hohlleiterwelle in den Antennenabschnitten (7, 7', 7"; 9, 9', 9") induzierten Schwingung ist.

10 9. Koppelvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Antennenabschnitte (7\*, 9\*) in einem Punkt (11) parallel mit einer Anschlussleitung (10) verbunden sind, dass die Antennenabschnitte (7\*, 9\*) ihre Schlitze in jeweils gleichen Richtungen queren und dass die Antennenabschnitte eine Gesamtlänge  $L$  mit  
15  $(n+1/8)\lambda_s < L < (n+7/8)\lambda_s$  aufweisen, wobei  $n$  eine ganze Zahl und  $\lambda_s$  die Wellenlänge einer von der Hohlleiterwelle in den Antennenabschnitten (7, 7', 7"; 9, 9', 9") induzierten Schwingung ist.

20

10. Koppelvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Antennenabschnitte  
- in Reihe mit einer Anschlussleitung (10) verbunden sind, dass sie die Schlitze (4, 5) in  
25 - entgegengesetzten Richtungen kreuzen und dass die Entfernung zwischen den Schlitz (4, 5) gemessen entlang der Antennenabschnitte zwischen  $(n-3/8)\lambda_s$  und  $(n+3/8)\lambda_s$  beträgt, wobei  $n$  eine ganze Zahl und  $\lambda_s$  die Wellenlänge einer  
30 von der Hohlleiterwelle in den Antennenabschnitten induzierten Schwingung ist.

11. Koppelvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Antennenabschnitte

5 (7\*\*, 7\*\*\*; 9\*\*, 9\*\*\*) in Reihe mit einer Anschlussleitung (10) verbunden sind, dass sie die Schlitze (4, 5) in gleicher Richtung kreuzen und dass die Entfernung zwischen den  
10 Schlitten (4, 5) gemessen entlang der Antennenabschnitte (7\*\*, 7\*\*\*; 9\*\*, 9\*\*\*) zwischen  $(n+1/8)\lambda_s$  und  $(n+7/8)\lambda_s$  beträgt, wobei n eine ganze Zahl und  $\lambda_s$  die Wellenlänge einer von der Hohlleiterwelle in den Antennenabschnitten (7\*\*, 7\*\*\*; 9\*\*, 9\*\*\*) induzierten Schwingung ist.

12. Koppelvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Kreuzungspunkte der Antennenabschnitte (7, 7', 7'', 7\*, ...; 9, 9', 9'', 9\*, ...) mit den Schlitten (4, 4'; 5, 5') auf einer zur Längsrichtung des Hohlleiterabschnitts (1, 1') senkrechten Linie liegen.

13. Koppelvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenabschnitte (7', 9') in unterschiedlichen Positionen quer zur Knotenebene positionierbar  
25 sind.

14. Koppelvorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Schlitze (4, 5) parallel zueinander und zur Knotenebene  
30 sind.

15. Koppelvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei

Schlitze ( $4'$ ,  $4''$ ;  $5'$ ,  $5''$ ) schräg zur Knotenebene verlaufen.

- 5 16. Koppelvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die zwei Schlitze ( $4'$ ,  $5'$ ) in einem drehbaren Wandstück (17) des Hohlleiterabschnitts ( $1'$ ) angeordnet sind.
- 10 17. Koppelvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Schlitze ( $4''$ ,  $5''$ ) einen entlang der Knotenebene variierenden Abstand haben, und dass die Antennenabschnitte ( $7'$ ,  $9'$ ) in unterschiedlichen Positionen entlang der Knotenebene positionierbar sind.
- 15 18. Koppelvorrichtung nach einem der Ansprüche 13, 14 oder 17, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (14, 15, 16) zum Verstellen der Antennenabschnitte relativ zu den Schlitzen.
- 20 19. Koppelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Antennenabschnitte ( $7$ ,  $7'$ ,  $7''$ ,  $7^*$ , ...;  $9$ ,  $9'$ ,  $9''$ ,  $9^*$ , ...) auf einem Substrat (6) angeordnete Streifenleiterabschnitte sind.
- 25 20. Koppelvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass weitere Schlitze an der geschlitzten Wand des Hohlleiterabschnitts in einem Abstand von  $(n + \frac{1}{2})\lambda_H$  gebildet sind, wobei  $\lambda_H$  die Wellenlänge der Hohlleiterwelle in dem Hohlleiterabschnitt ist.
- 30



### Zusammenfassung

Eine Hohlleiter-Koppelvorrichtung umfasst einen Hohlleiterabschnitt (1) , in dem eine Hohlleiter-  
5 welle in wenigstens einer Hohlleitermode ausbreitungsfähig ist und der in einer seiner Wände (2) zwei Schlitze (4, 5) aufweist. Die Hohlleitermode hat eine zu der geschlitzten Wand parallele Feldkomponente mit einer in Längsrichtung des Hohlleiterabschnitts orientierten Knotenebene, und/oder  
10 sie induziert in den Wänden des Hohlleiterabschnitts (1, 1') eine Wandstromverteilung mit einer ebensolchen Knotenebene. Die Schlitze (4, 5) liegen auf entgegengesetzten Seiten der Knotenebene. Ein  
15 oder zwei Antennenabschnitte (7', 9') überbrücken den ersten Schlitz (4) bzw. beide Schlitze (4, 5).

(Fig. 3)

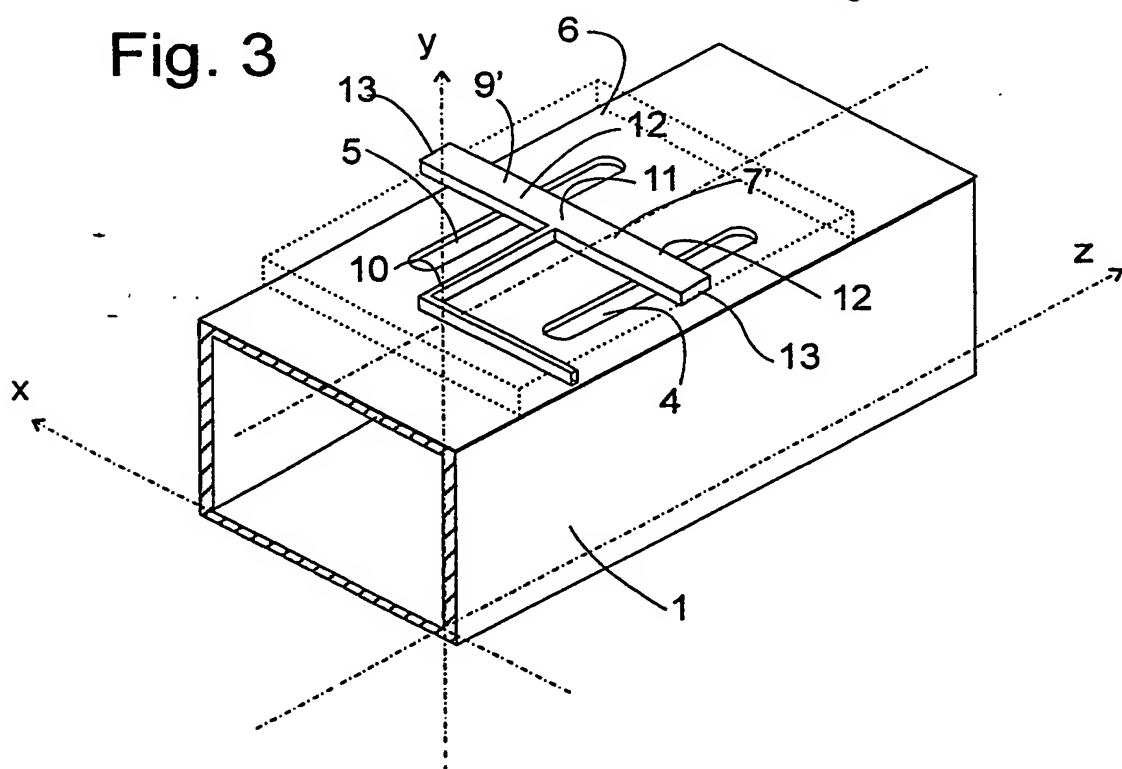
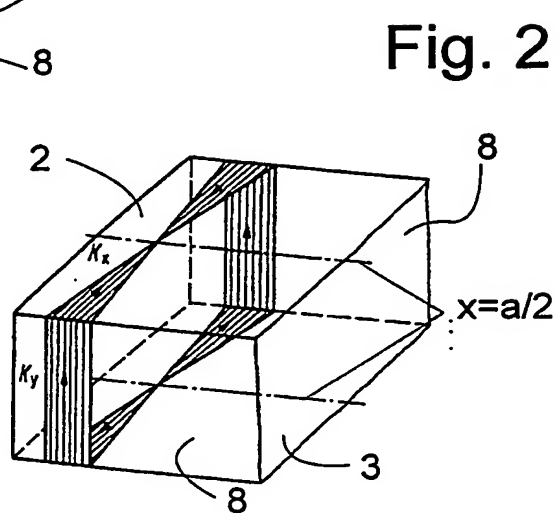
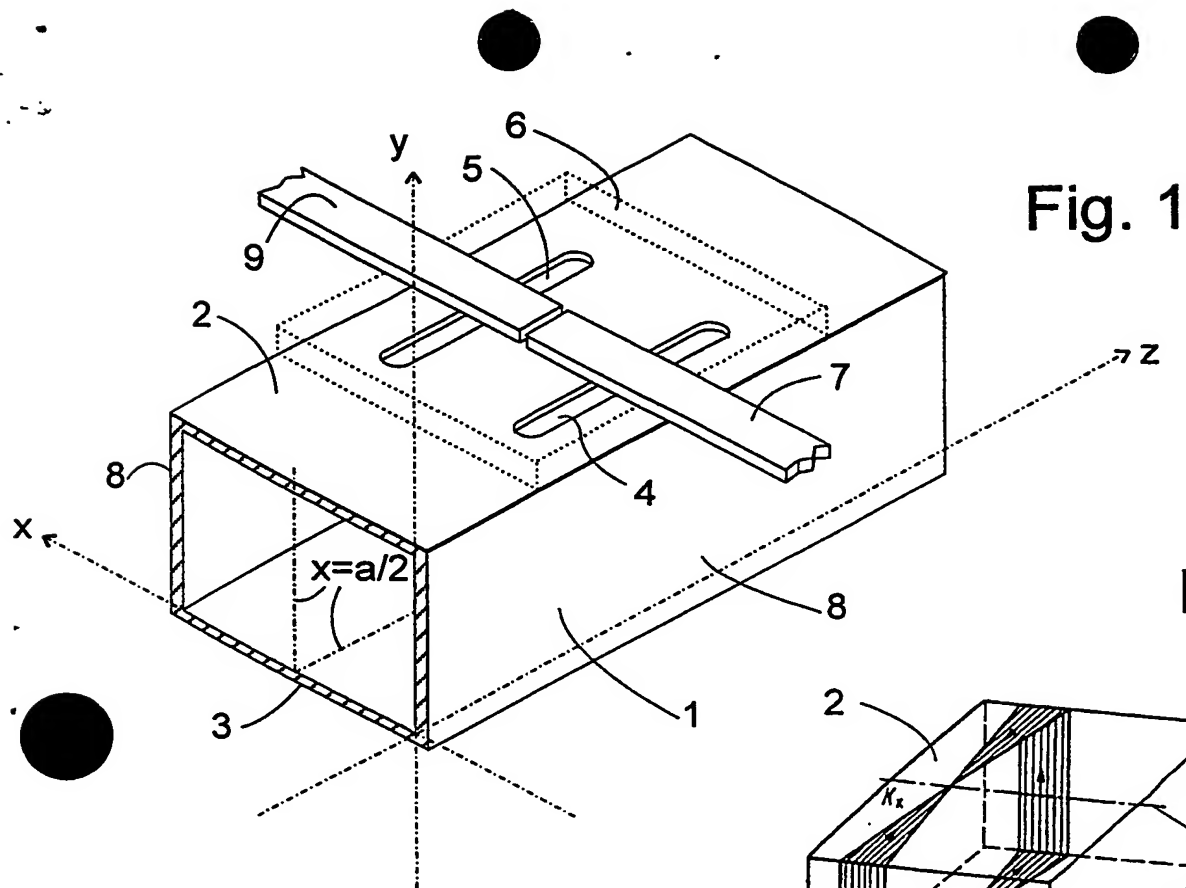


Fig. 4

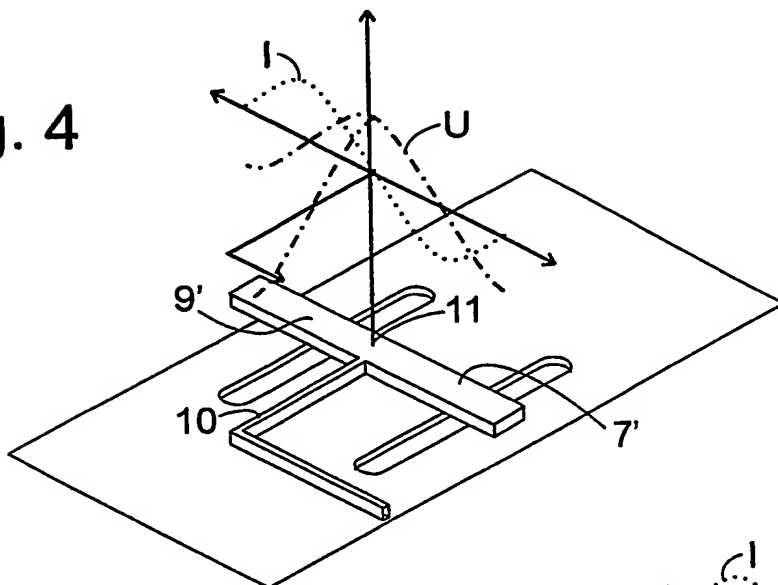


Fig. 5

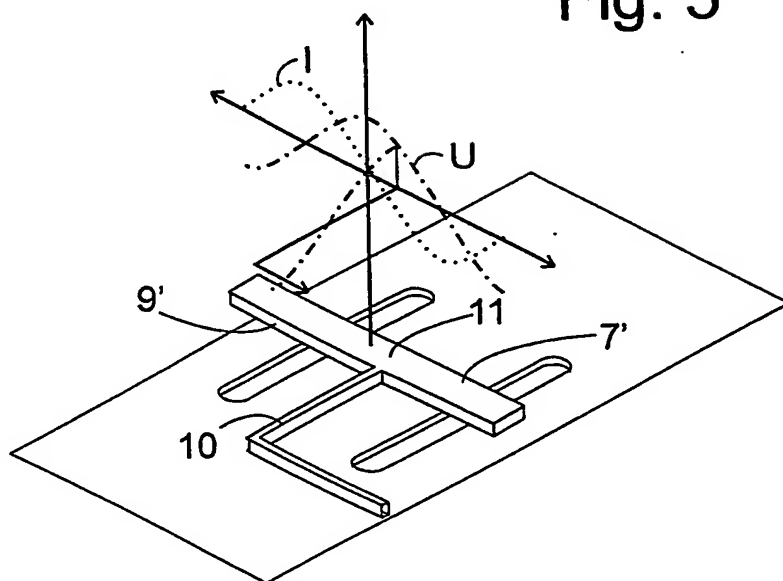
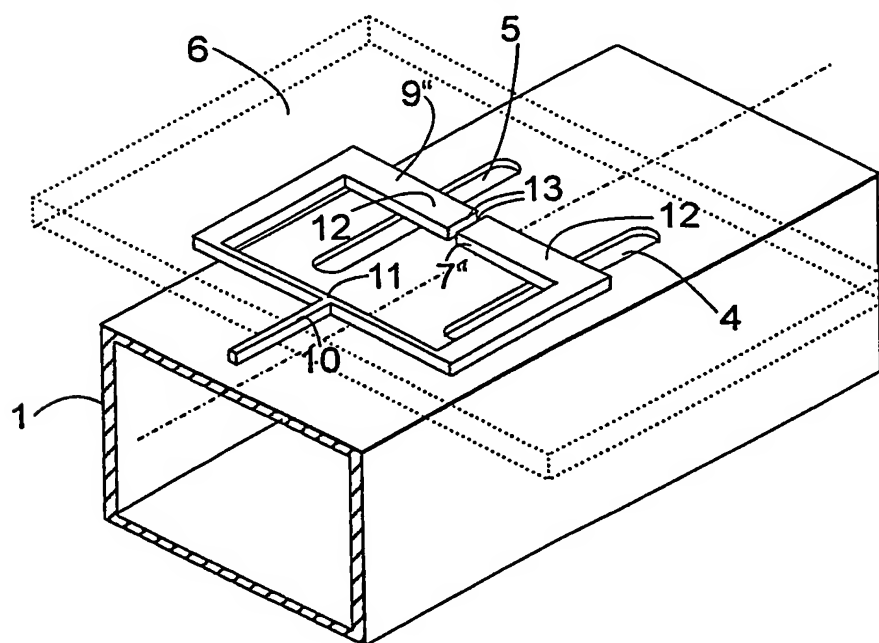
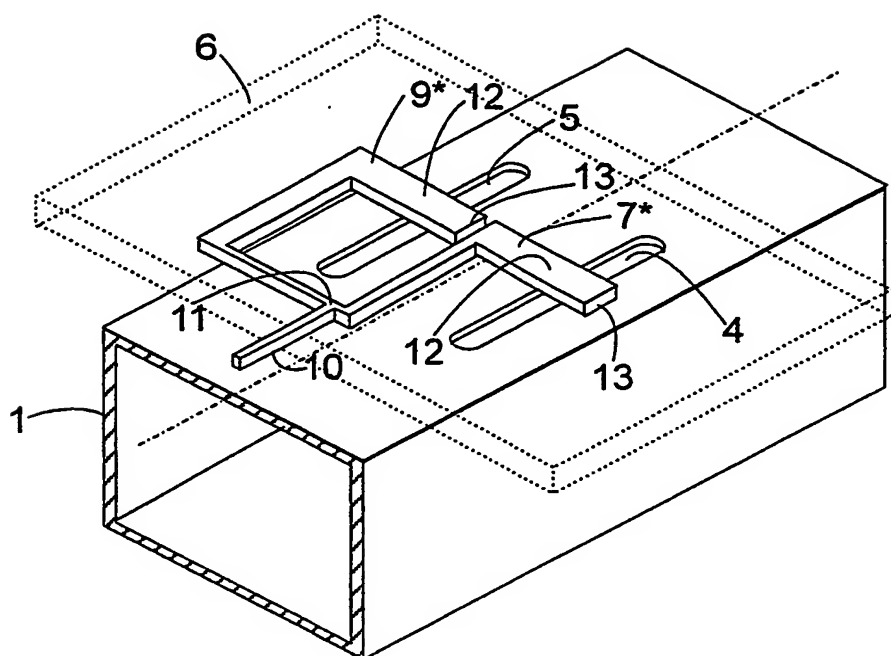


Fig. 6



**Fig. 7**



**Fig. 8**

Fig. 8 is a perspective view of a rectangular frame 1. The frame has a top plate 6. A longitudinal member 5 is positioned on the top plate, with a longitudinal member 10 extending from it. A U-shaped member 9\*\* is positioned on the top plate, with a U-shaped member 12 extending from it. A U-shaped member 4 is positioned on the top plate, with a U-shaped member 7\*\* extending from it. A U-shaped member 13 is positioned on the top plate. A coordinate system (x, y, z) is shown.

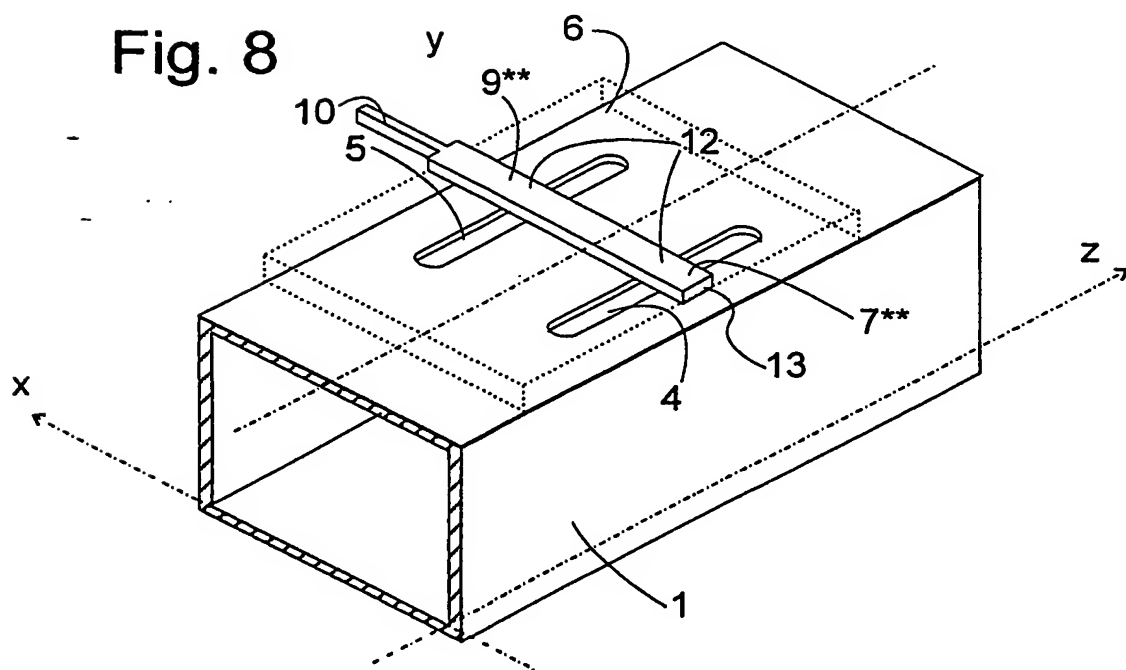


Fig. 9

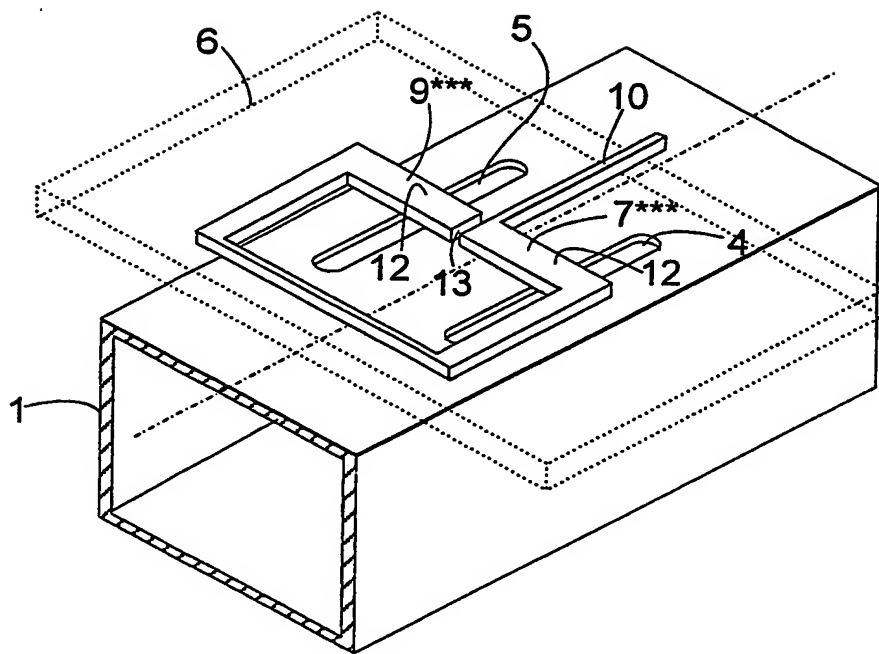


Fig. 10

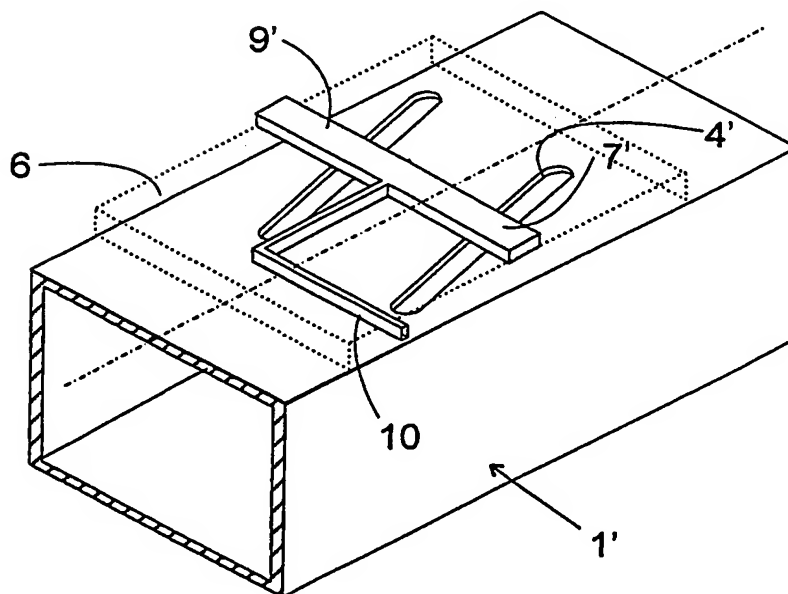


Fig. 11

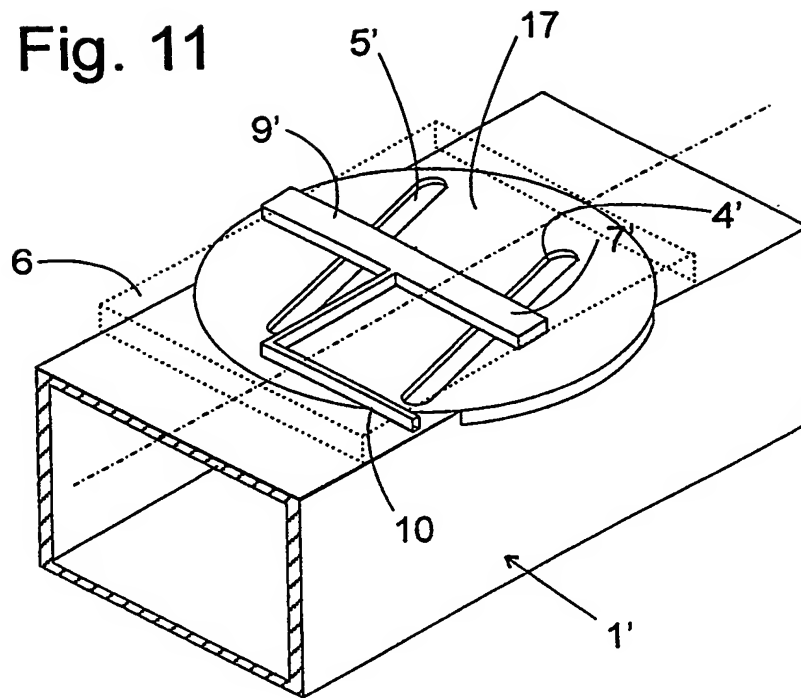


Fig. 12

